

Titel:

Antriebsgestaltung eines hydraulischen Pressen-Ziehkissens zur hochfrequent wechselnden Krafteinbringung

Title:

Drive design of a hydraulic press-drawing cushion for high-frequency changing force transmission

Autor:

Norbert Pierschel

Institution:

Fraunhofer-Gesellschaft, Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU, Chemnitz

Date:

2019-01-18

Keywords: Kissen-Stößel-Pulsation, Ziehkissen, magneto-rheologisch, cushion-ram-pulsation, drawing cushion, magneto rheologic

Abstract:

Das Tiefziehen von Metallblechen ist eines der am weitesten verbreiteten Verfahren zur Herstellung von Formteilen für die Automobilindustrie, den Maschinen- und Anlagenbau sowie Konsumgüterindustrie. Dabei bestehen die meisten Umformwerkzeuge aus Matrize, Stempel und Niederhalter, welche durch weggesteuerte Pressen angetrieben werden. Das Blech wird in das Werkzeug eingelegt. Üblicherweise ist dabei die Matrize am Stößel befestigt und fährt gegen den Niederhalter nach unten auf den Stempel, sodass die Form bzw. das Bauteil erzeugt wird. Anschließend fährt der Stößel mit der Matrize nach oben und das Bauteil kann entnommen werden. Die Niederhalterkraft, welche entscheidend für die Herstellung eines i.O.-Teils ist, wird dabei entweder durch Gasdruckfedern im Werkzeug oder im Pressentisch befindliche Aktuatoren, zumeist Hydraulikzylinder, beeinflusst. Der weggesteuerte Stößel fährt prinzipiell gegen eine Feder, wodurch eine Kraft wirkt. Untersuchungen haben gezeigt, dass eine Veränderung der Niederhalterkraft über den Stößelhub positive Effekte auf das Umformergebnis, bspw. Vermeidung von Faltenbildung oder Erhöhung der Ziehtiefe, hat. Generell gilt dabei, je höher die mögliche Frequenz der Anpassung der Niederhalterkraft, desto besser kann diese während des Hubes auf das Fließverhalten des Werkstoffs angepasst werden.

Beim gewählten Lösungsweg wird im Hydrauliksystem des Ziehkissens anstelle eines konventionellen Hydrauliköls ein Öl mit magnetorheologischen Eigenschaften verwendet. Dieses ist mit mikroskopisch kleinen, magnetisch polarisierbaren Metallpartikeln durchsetzt. Über spezielle Spulen wird im Hydrauliksystem ein Magnetfeld erzeugt. Die Metallpartikel werden dadurch im Magnetfeld ausgerichtet, wodurch sich die Viskosität des Hydrauliköls ändert. Beim Herunterfahren des Stempels drückt dieser auf den Niederhalter, welcher die Kraft auf das Ziehkissen überträgt. Währenddessen wird das Öl im Hydrauliksystem aus einem Zylinder verdrängt. Dabei fließt es durch ein Ventil, welches die Durchflussmenge des Öls beeinflusst. Darüber lässt sich die Kraft einstellen, welche dem Stößel entgegengerichtet ist und somit in der Niederhalterkraft resultiert. Verändert sich nun die Viskosität des Hydrauliköls, so verändert sich auch die Durchflussmenge des Öls durch das Ventil und somit die resultierende Niederhalterkraft. Mittels moderner Elektrotechnik ist eine hochfrequente Änderung des Magnetfelds und somit eine hochfrequente Änderung der Niederhalterkraft möglich.

The deep drawing of metal sheets is one of the most widely used methods for the production of molded parts for the automotive industry, mechanical and plant engineering as well as the consumer goods industry. Most of the forming tools consist of dies, punches and hold-downs,

which are driven by path-controlled presses. The sheet is inserted in the tool. Usually, the die is attached to the plunger and moves against the hold down on the stamp, so that the shape or the component is generated. Subsequently, the plunger moves with the die upwards and the component can be removed. The hold-down force, which is decisive for the production of an i.O. part, is thereby influenced either by gas springs in the tool or in the press table located actuators, usually hydraulic cylinders. The path-controlled plunger moves in principle against a spring, whereby a force acts. Investigations have shown that a change in the hold-down force over the ram stroke has positive effects on the forming result, for example, avoiding wrinkling or increasing the drawing depth. In general, the higher the possible frequency of the adjustment of the holding force, the better it can be adapted during the stroke to the flow behavior of the material.

In the chosen approach, an oil with magnetorheological properties is used in the hydraulic system of the die cushion instead of a conventional hydraulic oil. This is interspersed with microscopically small, magnetically polarisable metal particles. Special coils create a magnetic field in the hydraulic system. The metal particles are thereby aligned in the magnetic field, whereby the viscosity of the hydraulic oil changes. When lowering the stamp presses this on the hold-down, which transfers the force on the die cushion. Meanwhile, the oil in the hydraulic system is displaced from a cylinder. It flows through a valve, which influences the flow rate of the oil. In addition, the force can be adjusted, which is opposite to the plunger and thus results in the hold-down force. If the viscosity of the hydraulic oil changes, so does the flow rate of the oil through the valve and thus the resulting hold-down force. By means of modern electrical engineering a high-frequency change of the magnetic field and thus a high-frequency change of the hold-down force is possible.

1. Welches technische Problem liegt dem Verfahren zugrunde?

Das Tiefziehen von Metallblechen ist eines der am weitesten verbreiteten Verfahren zur Herstellung von Formteilen für die Automobilindustrie, den Maschinen- und Anlagenbau sowie Konsumgüterindustrie. Dabei bestehen die meisten Umformwerkzeuge aus Matrize, Stempel und Niederhalter, welche durch weggesteuerte Pressen angetrieben werden. Das Blech wird in das Werkzeug eingelegt. Üblicherweise ist dabei die Matrize am Stößel befestigt und fährt gegen den Niederhalter nach unten auf den Stempel, sodass die Form bzw. das Bauteil erzeugt wird. Anschließend fährt der Stößel mit der Matrize nach oben und das Bauteil kann entnommen werden. Die Niederhalterkraft, welche entscheidend für die Herstellung eines i.O.-Teils ist, wird dabei entweder durch Gasdruckfedern im Werkzeug oder im Pressentisch befindliche Aktuatoren, zumeist Hydraulikzylinder, beeinflusst. Der weggesteuerte Stößel fährt prinzipiell gegen eine Feder, wodurch eine Kraft wirkt.

Untersuchungen haben gezeigt, dass eine Veränderung der Niederhalterkraft über den Stößelhub positive Effekte auf das Umformergebnis, bspw. Vermeidung von Faltenbildung oder Erhöhung der Ziehtiefe, hat. Generell gilt dabei, je höher die mögliche Frequenz der Anpassung der Niederhalterkraft, desto besser kann diese während des Hubes auf das Fließverhalten des Werkstoffs angepasst werden.

Das technische Problem ist, dass der hochfrequente Wechsel der Niederhalterkraft, nachfolgend Pulsation genannt, mit den in der Industrie derzeit überwiegend eingesetzten mechanischen Kurbelpressen und deren konventionellen hydraulischen Ziehkissen bzw. mit konventionellen Gasdruckfedern im Werkzeug nicht darstellbar ist. Dadurch können die umformtechnischen Potenziale des verwendeten Werkstoffs nicht vollständig genutzt werden, sodass zur Herstellung von i.O.-Teilen zum Beispiel die Bauteilgeometrie angepasst (bspw. geringe Ziehtiefe oder Segmentierung des Bauteils) oder die Anzahl der Ziehstufen (mehrere Ziehstufen für geringere Umformgrade je Hub) erhöht werden muss. Gründe für resultierende Kostensteigerungen im Herstellprozess sind daher bspw. höhere Werkzeugkosten, höhere Materialkosten, höhere Maschinenkosten. Steht eine Presse zur Verfügung, welche bspw. mit Servospindeln im Antrieb oder im Ziehkissen ausgerüstet ist, so sind diese mechanisch und steuerungstechnisch überwiegend

nicht für diese Art der Pulsation ausgelegt. Eine steuerungstechnische Anpassung der Anlagen wird meist nicht durchgeführt, da die Auswirkungen auf die Mechanik unbekannt sind.

2. Wie wurde das Problem bisher gelöst?

Eine umfassende Recherche des Stands der Technik ergab, dass die bisher einzigen technischen Möglichkeiten zur hochfrequenten Pulsation der Niederhalterkraft die folgenden sind:

- a) Das Ziehkissen der Presse ist mit Servospindel-Antrieben ausgerüstet. Der Verfahrweg des Kissens ist dabei entweder kraftgesteuert dem Stößel entgegengerichtet oder weggesteuert synchron zum Stößel. Durch eine hochfrequente Variation des Verfahrwegs des Kissens um wenige Zehntel-Millimeter kann die Niederhalterkraft variiert werden [1, 2].
- b) Zusätzlich zur Beeinflussung des Blecheinzugs über die Niederhalterfläche können Ziehleisten auf dem Niederhalter montiert werden. Beim in [3] beschriebenen Ansatz werden durch Piezzoaktoren diese Ziehleisten aus dem Niederhalter heraus- bzw. hineingefahren, sodass die auf das Blech wirkende Kraft variiert werden kann. Diese Bewegung ist durch die Verwendung von Piezzo-Aktoren auch im hochfrequenten Bereich möglich.

Ein Ansatz zum Messen und Einstellen der Pressenkräfte in einer Presse wird in [4] beschrieben. Mittels Dehnmessstreifen wird dabei auf die Druckverteilung im Werkzeug geschlossen, woraufhin der Fluiddruck in den Hydraulikzylindern mittels verschiedener mechanischer Ansätze variiert wird. Eine Änderung der Kolbenkraft über die Änderung der Fluidviskosität mittels magnetorheologischer Flüssigkeiten wird nicht beschrieben.

In [5] wird die Variation der Niederhalterkraft über eine Vibrationsplatte realisiert. Mittels eines Kurzhubzylinders, eines hochdynamischen Regelventils und einem Messsystem zur Bestimmung der Zylinderposition wird die Position der Pinolen mit bis zu 20 Hz und einer Amplitude von 1 mm ausgelenkt.

In [6] und [7] werden in der Umformwerkzeug integrierte Dämpfereinheiten beschrieben, welche magnetorheologische Flüssigkeiten zur Reduzierung des Lärms beim Zusammenfahren von Ober- und Unterwerkzeug nutzen. Hier wird jedoch nur eine Veränderung der Niederhalterkraft mit linearer Kennlinie beschrieben, keine pulsatorische Regelung.

Ist die Herstellung von i.O.-Teilen auf den vorhandenen konventionellen Anlagen nicht möglich, so werden anderweitige Anpassungen vorgenommen. Diese können u.a. die folgenden sein:

- Bauteilgeometrie/-material
 - o Verwendung eines Werkstoffs mit besseren Umformeigenschaften
 - o Verringerung der Ziehtiefe oder Vergrößerung der Radien
 - o Segmentierung des Bauteils in einfacher herzustellende Einzelteile
- Herstellprozess und Werkzeug
 - o Erhöhung der Ziehstufen für geringere Umformgrade je Ziehstufe
 - o Einfügen von Wärmebehandlungsvorgängen zur Verbesserung der Materialeigenschaften zwischen den Ziehstufen
 - o Einsatz von Schmierstoffen
 - o Temperierung der Werkzeuge

3. Problemlösung

Beim gewählten Lösungsweg wird im Hydrauliksystem des Ziehkissens anstelle eines konventionellen Hydrauliköls ein Öl mit magnetorheologischen Eigenschaften verwendet. Dieses ist mit mikroskopisch kleine, magnetisch polarisierbare Metallpartikel durchsetzt. Über

spezielle Spulen wird im Hydrauliksystem ein Magnetfeld erzeugt. Die Metallpartikel werden dadurch im Magnetfeld ausgerichtet, wodurch sich die Viskosität des Hydrauliköls ändert. Beim Herunterfahren des Stempels drückt dieser auf den Niederhalter, welche die Kraft auf das Ziehkissen überträgt. Währenddessen wird das Öl im Hydrauliksystem aus einem Zylinder verdrängt. Dabei fließt es durch ein Ventil, welches die Durchflussmenge des Öls beeinflusst. Darüber lässt sich die Kraft einstellen, welche dem Stößel entgegengerichtet ist und somit in der Niederhalterkraft resultiert. Verändert sich nun die Viskosität des Hydrauliköls, so verändert sich auch die Durchflussmenge des Öls durch das Ventil und somit die resultierende Niederhalterkraft. Mittels moderner Elektrotechnik ist eine hochfrequente Änderung des Magnetfelds und somit eine hochfrequente Änderung der Niederhalterkraft möglich.

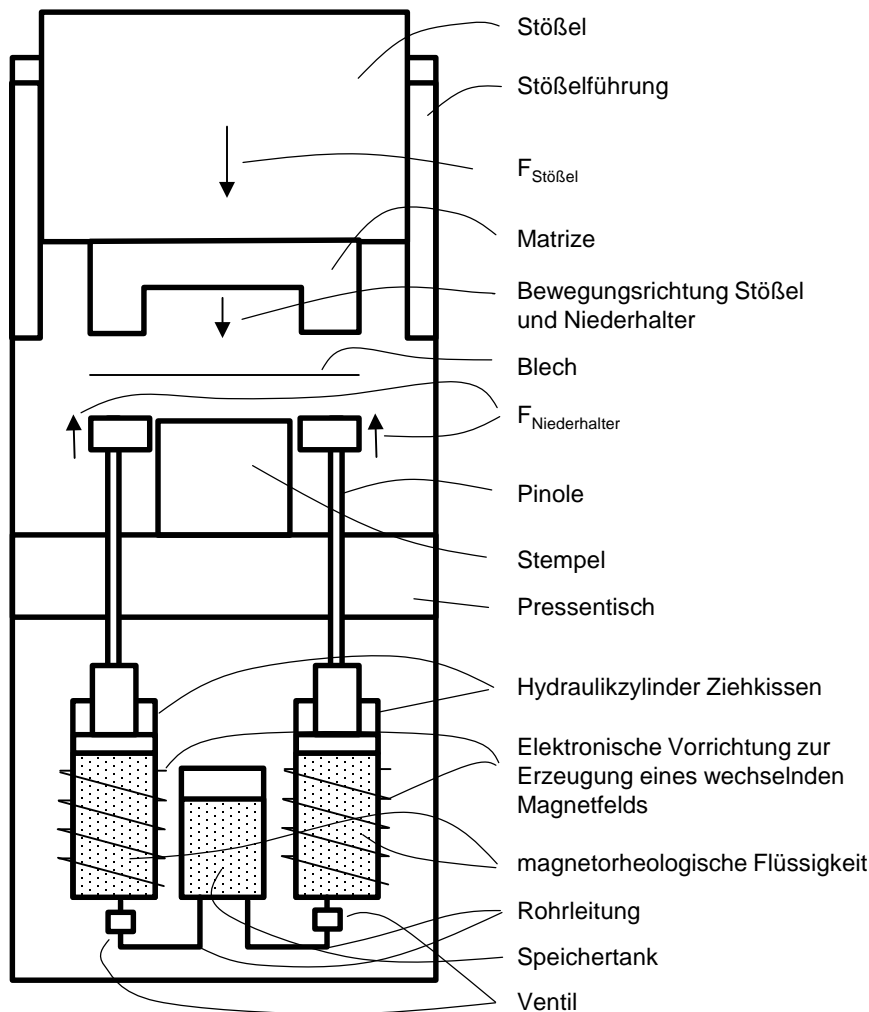


Abbildung 1: Prinzipdarstellung des Hydrauliksystems eines Ziehkissens für den skizzierten Lösungsweg

4. Vorteile der besonderen technischen Merkmale

Der unter Punkt 3 beschriebene Lösungsweg bewirkt, dass auf konventionellen weggesteuerten Pressen durch geringfügige Anpassungen am Ziehkissen hochfrequente Pulsationen der Niederhalterkraft umsetzbar sind. Dadurch lassen sich Bauteile mit höherer Ziehtiefe und komplexerer Geometrie herstellen. Auch lässt sich die Anzahl der notwendigen Umformoperationen zur Herstellung eines Bauteils reduzieren, was sich positiv auf die Werkzeugkosten auswirkt. Kostentechnisch wirken sich weiterhin positiv die mögliche Reduzierung des Schmierstoffbedarfs sowie die mögliche Verwendbarkeit von Werkstoffen mit schlechteren Umformeigenschaften aus. Eine etwaige Temperierung der Werkzeuge oder des Werkstücks zur Verbesserung der Umformeigenschaften kann gegebenenfalls entfallen.

Vorteilhaft ist, dass die Kosten zur Anpassung des hydraulischen Ziehkissens sehr gering sind gegenüber der Beschaffung eines Ziehkissens mit Servospindelantrieb, welches in die bestehende Pressentechnologie üblicherweise nicht ohne erheblichen Anpassungsaufwand integrierbar ist. Somit können bestehende Pressen weiter genutzt werden.

Der wichtigste Vorteil des Lösungswegs ist die Steigerung der Wirtschaftlichkeit der Herstellung von Blechumformteilen.

5. Technische Anwendungsgebiete

Das Hauptanwendungsgebiet ist die Anlagentechnik, welche zur Herstellung von Blechumformteilen eingesetzt wird. Diese Blechumformteile finden vornehmlich in der Automobilindustrie, der Konsumgüterindustrie und dem Maschinen- und Anlagenbau Verwendung. Grundsätzlich kann der Ansatz jedoch auf jedes Herstellverfahren angewendet werden, bei dem eine pulsierende Kraft eines Aktivteils vorteilhaft für das Umformergebnis ist. Der beschriebene Lösungsweg bezieht sich auf weggesteuerte Pressen. Eine Anwendung bei kraftgesteuerten Pressen (bspw. hydraulische Pressen) ist Prinzip bedingt nicht möglich.

6. Literatur

- [1] Mauermann, R.: Verfahren zum Tiefziehen. Patentschrift Nr. DE 10 2006 043 643 B3, 18.09.2006
- [2] Mauermann, R.; Nagel, M.; Kräusel, V.: Verfahren zur Herstellung eines Tiefziehteils sowie ein Verfahren zur Steuerung einer Tiefziehvorrichtung und eine Tiefziehvorrichtung. Patentschrift Nr. DE 10 2008 062 850 B4, 23.12.2008
- [3] Roscher, H.-J.; Wolf, K.; Mainda, P.; Kerschner, M.: Tiefziehwerkzeug und Verfahren zum Tiefziehen eines Werkstücks. Patentschrift Nr. WO 2014/044338 A1
- [4] Kazunari, K.; Masahiro, S.: Device and method for measuring and adjusting pressing load values on a press. Patentschrift Nr. EP 0 596 697 B1, 02.11.1993
- [5] Klose, L.; Bräunlich, H.: Erweiterung umformtechnischer Grenzen durch vibrationsüberlagerten Tiefziehprozess. Forschung für die Praxis P 383, Studiengesellschaft Stahlanwendungen e.V., 2000
- [6] Youn, D.: Drawing press for controlling blank holding force with MR damper. Korean Patent Nr. 101452734 B1, 14.10.2014
- [7] Lee, S.: Device for controlling cushion pressure of press die for reducing noise from impact in contacting upper die to blank holder with magnetor-rheological fluid. Korean Patent Nr. 1020050006922 A, 17.01.2005